

論文

SDGs目標12の実現を目指す循環型経済（CE）の国内外動向調査とCE志向の「製品ライフサイクル設計」

玉木 欽也

キーワード

SDGs（持続可能な開発目標）
ESG（環境、社会、ガバナンス）
サーキュラーエコノミー（CE）
3R（リデュース、リユース、リサイクル）
製品ライフサイクル設計

目次

- はじめに
- CEの定義とリニアからリサイクルそしてサーキュラーエコノミーへの進化
- Cradle to Cradle 認証制度およびバタフライ・ダイアグラム
- 海外のCE最新動向
- 国内のCE動向
- CE志向の「製品ライフサイクル設計」
- おわりに／謝辞／参考文献

1. はじめに

「SDGs 目標 12 つくる責任 つかう責任」の中に包含されている「ターゲット 12.3 フードロス削減」、「ターゲット 12.5 廃棄物削減」は、2030 年までに世界ならびに日本が解決すべき社会問題として提示されている。

これらの解決策の一つとして、エレン・マッカーサー財団に端を発する「Circular Economy（CE、循環型経済）」という考え方が、欧州委員会に受け継がれ、EU（欧州連合）を中心に「CE 政策」として提言されている。その CE 政策として、廃棄物の削減および汚染を生み出さない製品サービスのデザインを目指す具体的な規則や法令案の枠組みづくりが進展している。

そこで本研究の目的として、以下の 6 つの研究課題について取り組むことにする。

第 2 章において、「サーキュラーエコノミー（CE）」の定義を示す。次に、製品を製造・販売し、使い終わったら廃棄する「リニアエコノミー」から、日本でもこれまで進められてきた 3R（リデュース、リユース、リサイクル）の「リサイクリングエコノミー」、さらにモノやサービスの最初の設計段階から、廃棄物と汚染を出さないプランを考え、一度採取した資源を使い・再利用し続けるという「サーキュラーエコノミー」への経緯について述べる。

第 3 章では、CE を推進する最初の母体として生まれたエレン・マッカーサー財団を紹介する。その設立趣旨に沿った製品サービスを認定する C2C（Cradle to Cradle）認証制度と、その制度に取り組む企業側としてのメリットを示す。その後で、CE の 3 つの原則について述べ、その趣旨を反映した「バタフライ・ダイアグラム」として、枯渇資源の循環に向けた「技術的サイクル」と、再生可能資源の循環に向けた「生物的サイクル」を取り扱う。

第 4 章では「海外の CE 最新動向」として、まず、EU 委員会は、2015 年に引き続き、2020 年に新たな「Circular Economy Action Plan（循環型経済行動計画）」として発表した内容のポイントを抜粋して紹介する。次に、「海外における各国の CE 政策動向」として、フランス、オランダ、ドイツ、イギリスの事例を取り上げる。そして、国際標準（ISO）において CE の新規 TC（Technical Committee）の設置について、フランス規格協会（AFNOR）から提案がなされ、その後、CE に関する専門委員会（ISO/TC323）の設置が正式に決定されたことを示す。

第 5 章では「国内の CE 動向」として、経済産業省・環境省、および日本貿易振興機構の調査研究報告書のポイントをまとめた。

最後の第 6 章では、CE 志向の「新もののづくり」に向けて、ライフサイクル設計の概念が重要になることを述べる。そして、このライフサイクル設計を実現するためには、CE 志向の技術、調達、サービスの要素技術を新たに研究開発することが求められることを示す。

2. CEの定義とリニアからリサイクルそしてサーキュラーエコノミーへの進化

欧州連合（EU）は、CEを次のように定義している：「資源の枯渇や価格変動から企業を守り、新たなビジネスチャンスと革新的で効率的な生産方法および消費スタイルを生み出すことで、新たな競争力を高める経済政策である（以下、「CE政策」と呼ぶ）」¹⁾。この「CE政策」の骨子として、循環可能性が高い製品分野を特定して、廃棄物の削減および汚染を生み出さない製品サービスのデザインを目指す具体的な規則や法令案の枠組みづくりをしていくことを目指している。

以下に、「原材料—製造—使用—廃棄」というサプライチェーンが、リニアエコノミーから、リサイクリングエコノミーへ、さらにサーキュラーエコノミーへと進化している動向について述べる^{[1][2]}。

2.1 リニアエコノミー（直線型経済）

産業革命以降の技術進歩は、我々に快適で豊かなくらしをもたらしてきた。しかし、この豊かさは、大量生産・大量消費を前提とした経済システムの上に成り立っている。それは、地球から資源やエネルギーを奪い、使い終わったら廃棄する。これらは、「リニアエコノミー（直線型経済）」と呼ばれている。

今後、世界人口の爆発的な増大により、地球の資源は次第に枯渇していく。さらに、このリニアエコノミーの活動によって、CO₂などの温暖効果ガスの排出量は膨らみ、気候変動の引き金となる地球温暖化を引き起こしている。

2.2 リサイクリングエコノミー

日本でもこれまで進められている3R（リデュース、リユース、リサイクル）の「リサイクリングエコノミー」は、廃棄物の発生を抑制し、廃棄物のうち有用なモノを循環資源として利用する。適正な廃棄物の処理を行い天然資源の消費を抑制することで、環境への負荷をできる限り低減する。

しかし、ここでは「廃棄物を排出すること」が前提となっている。廃棄物を少なくし、有用な廃棄物は再利用し、有用でない廃棄物は適切に処分することで、あくまでも「リニアエコノミー」の延長上といえる。

2.3 サーキュラーエコノミー

前述の「リサイクリングエコノミー」は、廃棄物を出すのが前提だったのに対し、CEは、「まずは、廃棄物と汚染はださない」ことを前提とする仕組みといえる。CEでは、政策方

針の策定や、事業立案、製品デザインの考案段階から、資源廃棄の可能性をなくし、自社または社会の中で、資源が循環し続ける仕組みが構築される。

そのため、リニアエコノミーやリサイクリングエコノミーから CE への移行においては、従来のビジネスモデルの根本的な再構築が欠かせない。例えば、化石燃料から再生可能エネルギーへの転換や、サプライチェーンの透明化も同時に進めることで、環境負荷の抑制だけでなく、利益創出やコスト削減、雇用増大、ビジネスリスクの軽減につながる総合的利点が見いだされている。

最初のモノやサービスの設計段階から廃棄物と汚染を出さないプランを考え、一度、採掘した資源を、「つくって、使い、つくり続ける」という循環で回していく。

3. Cradle to Cradle 認証制度およびバタフライ・ダイアグラム

3.1 エレン・マッカーサー財団

「エレン・マッカーサー財団」に端を発する CE という考え方が欧州委員会に受け継がれ、EU（欧州連合）を中心に「CE 政策」として、廃棄物の削減および汚染を生み出さない製品サービスのデザインを目指す具体的な規則や法令案の枠組みづくりが進展している。

この「エレン・マッカーサー財団」とは、CE の枠組みを通じて、前向きな未来を再考・構築する世代を支援することを目的としたイギリスの登録財団で、CE を推進する欧州の中心的な存在で、2010 年 9 月に設立された。

2013 年 2 月には、サーキュラーエコノミー 100 (CE100) という世界で最初の CE イノベーションプログラムを立ち上げた。グローバル企業、国・地方政府などが、この財団に加盟している。例えば、アップル、マイクロソフト、コカ・コーラ・カンパニー、P&G、ユニリーバ、ミシュラン、イケア、ヴェオリアなどが含まれる。日本企業では、2018 年 4 月にブリヂストンが、2019 年 3 月には三菱ケミカルホールディングスが加盟した。

3.2 C2C (Cradle to Cradle) 認証制度とその制度に取り組むメリット

EU における製造・サービス企業は、このような CE 政策の動向を先取りして捉えており、SDGs と共に未来を切り開く社会課題解決志向の経営戦略として位置づけ、すでに CE 対応の新規事業開発や新製品サービスの事業化段階に入っている。

前述したエレン・マッカーサー財団や CE 政策の趣旨を反映した製品サービスや事業を審査する「C2C (Cradle to Cradle) 認証制度」がある^[3]。現在、600 品目の認定がなされている中で、日本製の製品サービスは数品目しかないという実情がある。モノづくりに関連した「Cradle to Cradle」とは、「消費が済んだら、ゴミ箱に入れるのではなく、次のモノづくりに活かそう」という発想といえる。つまり、使い終わったもの、消耗したものを、廃棄する

のではなく、もう一度原料として使うことや、別の製品サービスにして使いなおすという循環型サイクルを意味する。これからは、「つくって、使って、その後、何につくり替えるか」までを考えた上での、製品開発および製品生産が求められている。

3.2.1 C2C (Cradle to Cradle) 認証制度

企業がどれだけ循環型サイクルを生み出せているか、条件に則った製品をつくらせているかを基準に、「Cradle to Cradle 認証 (C2C 認証)」を取得できるようになった。ドイツのハンブルグに設立された EPEA (環境保護促進機関) が母体となり、Cradle to Cradle 認証制度が運営されている^[3]。製品の生産プロセスにおいて、循環型サイクルをどれだけ取り入れているかを精査の上で、ベーシック／ブロンズ／シルバー／ゴールド／プラチナの5段階に分けて、申請企業を評価している。

C2C 認証条件：認証を受けるには、以下に示す5つの条件がある。

- ①原材料の健康性：環境に配慮し、化学物質をできるだけ使用していないこと
- ②原料・部品のリユース：製品を使い終わった後は、部品を再利用することや、原料としてリサイクルすること
- ③自然エネルギーの使用とカーボンマネジメント：生産においては再生可能エネルギーを利用し、温室効果ガス削減に取り組んでいること
- ④水スチュワードシップ：生産過程において水を汚染しないこと
- ⑤社会的な公正さ：原料調達から生産において、人や環境を尊重すること

3.2.2 C2C 認証取得に向けて取り組む企業側のメリット

C2C は、単なる環境規格ではなく、経済とイノベーションについての概念だといえる。ゴミを生み出す製品は、品質に問題があるということになる。C2C に対応することで、圧倒的に優れた品質の製品サービスが生まれ、低賃金の国で生産される製品との競争にはなりえない。C2C の認証規格は、こうした品質基準を証明するものであり、メーカーにとっては設計、生産、再利用のプロセスにおけるチェック事項を示したガイドラインでもある。

C2C は、「モノ」を売るだけではなく、「サービス」を売ることにも重点をおいている。製品の使用後に材料が回収されて再利用されるということは、後述する自然循環または技術循環のサイクルが取り込まれていることになる。その結果、企業は資源の市場価格といったサイクル外の影響に左右されることが少なくなる。

また、原料から再製造までサプライチェーンの全プロセスが企業の管理下に収まり、改善

に取り組んでいくことができることになる。IoT プラットフォーム化が進んだ世界では、製品や主要部品を正確に追跡することができるようになる。製品の再利用を念頭に設計・製造・販売される場合には、再利用する製品の品質について保証する必要がある。

経営上のメリットは、新しい投入資源と再生資源の買い入れ時に、企業同士で協力し合うことで、原料・材料をプールできるようになる。C2C を実施する企業のネットワークが大きければ、それだけ効率的な材料の循環が実現していく。

3.3 CE の原則およびバタフライ・ダイアグラム

「サーキュラーエコノミーの 3 原則」とは、以下の 3 つのことという。

- ・廃棄物と汚染を生まないデザイン（設計）を行う
- ・製品と原料を使い続ける
- ・自然システムを再生する

この 3 原則を実現するための循環の仕方を、わかりやすく図式化した「サーキュラーエコノミー・システム・ダイアグラム（「バタフライ・ダイアグラム」とも呼ばれる）」を用いて説明する（図 3.1 参照）。

「取って、つくって、捨てる」という従来のリニアモデルとして、図の中央部について、資源を投入し、加工・製造、サービス提供企業を通して、消費者で使用され、使用後には焼却または埋め立て処分される流れが示されている。

一方、CE では、資源が投入される前に、そもそも新しく調達される資源量を最低限に抑える試み（リデュース）がなされる。そして、一度製造・加工され消費者の手に渡った製品は、左右どちらかのサイクルを通じて上部いずれかの工程（加工・製造・サービス）に資源が戻される。これは、図のように輪が閉じていることから「クローズド・ループ（Closed Loop）」とも表現される。

ここで重要なことが 2 つある。まず、枯渇資源は技術的サイクル、一方、再生可能資源は生物的サイクルとして、別々のサイクルで循環させていく必要がある。次に、2 つのサイクルの中で、使用済みの製品をクローズド・ループで上部の工程に戻す際に、輪（Loop）はできる限り小さいほうが経済と環境で利点がある。

「技術的サイクル」では、枯渇資源を経済活動の中でムダなく使い、循環し続けることが基本になる。循環の仕方も内側の循環（インナーループ）ほど、新たに投入するエネルギーや資源、労働力が少なくすむので、内側から循環させていく。

具体的には、まずメンテナンスや修理をして長く使う、またはシェアすることでムダを排

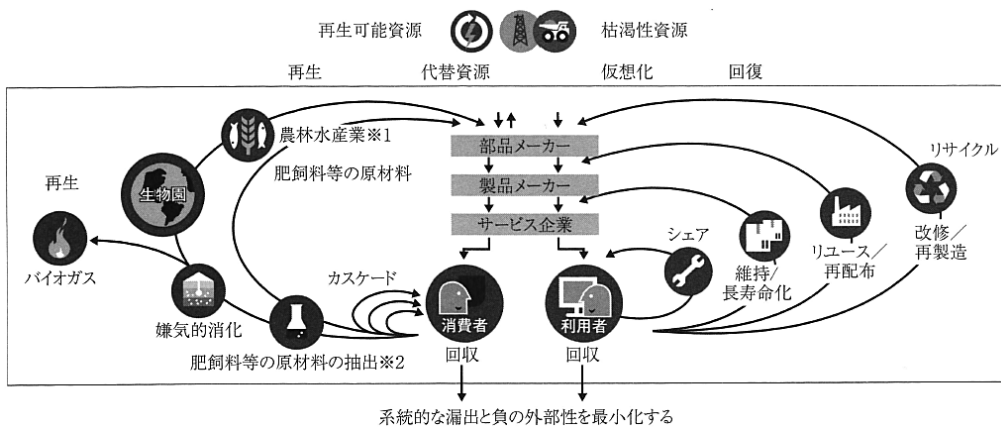


図 3.1 サークュラーエコノミー・システム・ダイアグラム (バタフライ・ダイアグラム)」^[3]

除する。そして最初の持ち主が使用なくなると、リユースや再流通していく。しかし、いったん回収や再流通となると、回収して配送し直さなければならないので、そこで CO₂ が発生し、燃料消費などの新たなエネルギーが必要になってくる。

次に、リユースと再流通ができない段階になると、1 回使い終わった製品を分解し、洗浄などの整備をしてから、もう一度、製品に組み立て直す（再製造、リファビッシュ）。それすらできなくなると、一番外側のループ、いわゆるリサイクルの最終手段となる。原材料に戻し、原材料からもう一度部品や製品をつくり直していく。

したがって、製品の設計段階で、できるだけ内側のループから回していけるようなデザイン、設計などを考えていくことがポイントになる。

「生物的サイクル」の再生可能資源は、永続的に循環できない。使って回すうちにだんだん劣化していく。このように、元の品質を低下、劣化させながらもリサイクルしていくことを「カスケード・リサイクル」という。このようなカスケード・リサイクルを、1 社で実現することは不可能に近い。そうして使い倒し、いよいよ使えなくなると最終的には自然に戻す。生分解や堆肥化により土に戻すこともあれば、有機廃棄物ならばバイオガスにしてエネルギーとして活用する。土に戻す場合には、新たな植物や生物を育てていくことによって循環を生み出す。

ただし、製品そのものに、有害な化学物質などを含んでいては、前述したことは非常に困難になることを、銘記しておかなければならない。

今後、イノベーションが進むと、技術的サイクルと生物的サイクルとの2つを組み合わせた循環ができるようになるかもしれないが、現時点ではそれぞれのサイクルを分けて循環させていくことが大切になる。

4. 海外の CE 最新動向

4.1 EC 委員会の新「循環型経済行動計画」

2015 年に EU 委員会は、「Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy (CE パッケージ)」を発表した。さらに、EU 委員会は 2020 年に新たな「Circular Economy Action Plan (循環型経済行動計画)」を以下のように発表した^[4]。赤穂は、その行動計画のポイントをまとめており、それらを以下のように抜粋して示す^[5]。

1. 序章

- ・ 2050 年までに気候中立性と経済成長、資源利用のデカップリングを達成し、長期的な競争力を確保する。そのために、EU は地球から取得する以上のモノを地球に還元するモデルへの移行を加速し、将来的に資源の消費量を削減し、循環資源の使用量を今後 10 年で倍増させる。
- ・ 事業活動においても、持続可能な製品づくりの仕組みをつくり上げることで、EU 内外での新たなビジネス戦略を構築できる。持続可能な製品、サービス、ビジネスモデルをルール化して、一貫性のある政策を立案し、廃棄物をさせない消費行動に変革させていく。
- ・ 欧州が単独で行動しても変革を達成することはできない。世界規模でサーキュラーエコノミーの普及をリードし続け、国連の SDGs の実施にも活用していく。

2. 持続可能な製品政策の枠組み

2.1 持続可能な製品の開発・設計

- ・ 法律の中核となるのは、エコデザイン指令*をエネルギー関連製品以外にも拡大し、可能な限り幅広い製品に適用させることにある。電子機器、ICT、繊維製品に加え、家具、鉄鋼、セメント、化学薬品などの製品群について優先的に取り組む。

*「エコデザイン指令：2009 年に公布されたエネルギー関連製品指令（ErP 指令）。エネルギーを使用する製品に対して、エコデザイン要求を設定する枠組みで、適合製品には「CE マーク」を付けることができる。

2.2 消費者と公共調達に力を入れる

- ・ EU 委員会は、消費者が製品の寿命や修理サービス、部品の交換、修理マニュアルなどの

情報を製品の販売時点で確実に受け取ることができようにするため、消費者法の改定を提案する。また、新たな「修理をする権利」を確立させる。

- ・一方、製造業が製品の耐久性やリサイクル性、リサイクル原料の含有量などの製品と環境に関する情報を盛り込むための EU エコラベル基準も改定する。

2.3 生産段階の循環性

- ・バリューチェーン全体で、CEに取り組むことで、大幅な省資源と新たな価値を生み出し、経済成長の機会を創出する。

3. 主要製品のバリューチェーン

3.1 電子機器と ICT

- ・電気・電子機器の廃棄物は年率2%で増加している。現状でのリサイクル率は、40%未満と推定される。また、修理できない、電池交換ができない、ソフトウェアサポートがされなくなる、部品の中の材料が回収されないなどの状態が発生している。
- ・EU 委員会は、「サーキュラー・エレクトロニクス・イニシアティブ」を公表できるよう準備を進めている。

3.2 バッテリーと自動車

- ・電気自動車に搭載する電池のバリューチェーンを持続可能性の高いものとするため、EU 委員会は 2020 年に、電池に関する新たな規制を提案する方針である。
- ・EU 委員会は、設計から廃棄自動車の解体を想定することや、部品材料へのリサイクル材の使用率の開示義務化、リサイクル率の向上など、自動車全体の CE 型のビジネスモデルを促進するため、使用済み自動車に関する法改正を提案する方針である。
- ・次期「持続可能でスマートなモビリティに関する欧州の包括的戦略」において、製品をサービスとして提供する手段を促進し、バージン材使用量の削減と、代替輸送燃料の使用、搭載者数と積載率の効率化などにより、廃棄物と汚染の排除を進める。

3.3 容器包材

- ・2030 年までに EU 全体の容器包材を、経済的に実行可能なやりかたで再利用、リサイクルさせる。
- ・EU 委員会は、PET 樹脂以外の食品用プラスチック材料を安全にリサイクルするための規制を策定する。

3.4 プラスチック

- ・ EU は「循環経済におけるプラスチック戦略」により、プラスチックへの包括的な取り組みを進めているが、プラスチックの消費量は、今後 20 年で倍増することが予想される。このため、さらに的を絞った対策を講じるとともに、世界規模のプラスチック汚染にも取り組んでいく。
- ・ 再生プラスチックの利用を増やし、より持続可能な利用を進めるために、EU 委員会は包装材、建設素材、自動車などの主要製品について、再生プラスチックの使用量と廃棄物削減についての義務化を提案する。

3.5 繊維製品

- ・ 世界の繊維製品のうち、リサイクルされているものは 1% 未満となっている。EU でプロデュースする衣料品の中で、EU 域外で生産される割合は金額ベースで 60% である。
- ・ 繊維製品のバリューチェーンは複雑だが、産業界や他の利害関係者の意見を聞きながら、繊維製品に関する包括的な EU 戦略を提案する。この戦略は、繊維産業の競争力とイノベーションの促進、繊維のリユース市場創造などにより、循環型の繊維製品の EU 市場の拡大、新しいビジネスモデルの推進をはかるものである。

3.6 建築・建物

- ・ 建設部門の廃棄物は、EU 全体の 35% を占めている。建設資材の生産、建設、改造などからの温室効果ガスの排出量は、総排出量の 5 ～ 12% と推定される。
- ・ 材料効率の向上により、温室効果ガス排出量の 80% を削減できる可能性がある。
- ・ EU 委員会は、建築と環境のための新たな包括的戦略を策定する方針である。この戦略により、気候、エネルギー、資源効率、建設・解体廃棄物の管理、デジタル化、技能向上など関連分野の政策の横断的な取り組みを確保する。

3.7 食品と水、栄養素

- ・ EU で生産される食品全体の 20% が廃棄されていると推定されている。
- ・ EU 委員会は、食品バリューチェーンを包括的に見直し、新たな食品廃棄物削減の目標を提案する方針である。
- ・ 外食産業における包装材、食器、カトラリーについて、再利用可能な製品へ置き換えに関する法整備の分析作業に着手する。
- ・ 水利用についても、農業分野、工業分野における水の再利用を奨励する。

4. 廃棄物削減と価値の増大

4.1 廃棄物の防止と循環促進への政策の拡大

- ・ EU 全域のすべての経済活動から発生する廃棄物は年間 25 億トン、国民 1 人当たり 5 トンに達する。持続可能な製品ごとの政策を策定し、それを法制化することが、廃棄物防止を前進させるカギとなる。
- ・ 拡大生産者責任のスキームをもとに、廃棄物サイクルに関する情報や優良事例の共有を促す。一連の取り組みにより、2030 年までに家庭に由来する廃棄物の残存量半減を目指す。質の高いリサイクルには、廃棄物の効率的な分別収集が重要である。

4.2 無毒な環境と循環性

- ・ EU は、化学物質規制（REACH）などの法律により、有害物質を削減し、安全に設計された化学物質への移行を進めている。リサイクル材料に化学物質が残留していると、再利用時の安全性が損なわれる可能性がある。

4.3 再生材市場の効果的な創出

- ・ 再生材は安全性だけでなく、性能、供給力、価格など、バージン原料との競合で多くの課題を抱えている。製品中の再生材使用率の要件を定めることは、再生材の需要と供給のミスマッチを防止し、リサイクルの円滑な拡大をはかることに貢献する。

4.4 廃棄物輸出への対応

- ・ 過去 10 年間で、何百万トンもの廃棄物が、適切な処理をさせることなく、EU から域外に輸出されてきた。それらは輸出先の国の環境や健康に悪影響を及ぼしてきた。
- ・ EU 委員会は、不法輸出と不法取引における環境犯罪に対応するため、廃棄物の出荷規制の強化や、廃棄物管理における多国籍、地域、二国間での取り組みを支援する。

5. 人、地域、都市のための循環型産業の形成

- ・ 2012 年から 2018 年の間に、EU における CE に関連した雇用者は 5% 増の約 400 万人となった。CE は、労働者が必要とされる技能を身につければ、雇用創出により結果をもたらす。
- ・ 欧州社会基金プラスのもとで、教育訓練や生涯学習、社会イノベーションへの投資を行う。

6. 分野横断的行動

6.1 気候中立性と循環性

- ・ 気候中立性を達成するためには。循環性と温室効果ガス排出削減の相乗効果をさらに高め

る必要がある。

6.2 経済への適用

- ・持続可能な生産と消費に誘導するための資金調達が必要で、EU 委員会は CE における目標の統合や、金融商品のエコラベル基準に関する準備作業を進めている。

6.3 研究開発の加速

- ・欧州企業が、サーキュラーイノベーションを進めるために、欧州地域開発基金などを通じて、開発の加速を支援する。
- ・欧州イノベーション・技術開発研究所は、大学や研究機関、大企業や中小企業などによる CE に関するイノベーションの取り組みの調整役を果たす。
- ・知的財産が CE におけるビジネスモデル出現を可能にする重要な要素となるよう、知的財産戦略を提案する。

7. 世界規模の取り組みを先導する

- ・気候変動の中立化と、資源効率の高い CE への世界的な移行が進んだとき、EU は成功したといえる。EU 加盟国、隣接国、新興国やパートナー国にとっても、新しい持続可能なモデルは、欧州の経済関係者との関係を強固にし、ビジネスや雇用に新たな機会を与える。

8. モニタリング

- ・EU 委員会は、各国の CE への移行に関する計画と対策への監視を強化する。
- ・また、モニタリングの枠組みも一新し、新たな指標は、今回の行動計画の重点分野と、CE、気候中立性、汚染ゼロなどの相乗関係を配慮したものとする。
- ・生産や消費傾向に関連した消費と環境への影響を考慮した資源利用に関する指標も開発する。

10. おわりに

- ・CE への移行は、体系的で深みがあり変革的なものになる。時として破壊的なものになるため、公平さが必然となる。EU、各国、地域、地方、世界など、あらゆるステークホルダーとの連携が必要になる。

4.2 海外における各国の CE 政策動向

以下に、海外の CE 国策動向を示す。

(1) フランス

フランスは、EU加盟国の中でも、CEへの取り組みを先導する役割を片すことを目指している。2018年に「フランスCEロードマップ」を策定している^[6]。このロードマップの内容は、2025年までに、埋め立て処分する廃棄物を50%削減することや、プラスチックリサイクルの100%強化により、年間約800万トンの温室効果ガスを削減する、これら一連の取り組みによる新規雇用者を30万人創出することが含まれている。

また、AFNOR（フランス規格協会）は、ISOにCEマネジメントに関する規格化案を提案し、後述するようにフランスを提案国として、ISOにCEに関する規格化作業を行う専門委員会（TC）が設置され、CEに関する国際標準の制定作業が始まった。

(2) オランダ

オランダ政府は2016年に、2050年までに社会全体を完全にCE化することを宣言した。長期的なロードマップとして「2050年までのオランダのCE計画（A Circular Economy in the Netherlands by 2050）」が公表された^[1]。具体的な重点領域として、バイオマスと食品、プラスチック、製造、建築、消費財の5分野があげられている。

また、CE政策は、欧州委員会、各国の地方自治体で共有されているため、その指針に合致する事業を立ち上げた際には、オランダ政府、アムステルダム市、そして欧州委員会と3つの行政機関それぞれから手厚い補助金を受給し得る体制が整っている。また後述するドイツを筆頭に数多く存在する欧州各国の民間団体からも、支援を受けやすい環境にある。

2015年にアムステルダム市は、「2050年」を公表し、CEを本格的に推進し始めた。2018年には研究機関「サークル・エコノミー」と協働してまとめた「アムステルダムの道のり」と題した2050年までの具体的なロードマップを公表し、社会全体のCE化に向けた指針を示した^[7]。

(3) ドイツ

ドイツは、CEという概念が提示される以前から、資源効率の高い製品デザイン、製造、修理して再利用する課題解決に取り組んでおり、2016年に「ドイツ資源効率化プログラムⅡ」を公表している^[6]。

2020年までに一般廃棄物リサイクル率を65%、プラスチックのリサイクル率を大幅に拡大させる。また、2030年までに建設用資材におけるリサイクル材の使用量と質も大幅に拡大する。2020年までに、使用済み自動車から回収する電子機器の割合を可能な限り拡大する。2019年までに使用済み電気電子機器の回収率が65%以上になることを達成し、2020年までに生ごみの分別回収量を、2010年比で50%増加という数値目標を示している。さらに、資

源効率性の高い製品や、修理して再利用する製品について、付加価値税の税率低減策なども提示している。

(4) イギリス

イギリスは、2018 年に「今後の環境行動計画」を策定し、回収されたプラスチックの品質向上をはかるための容器包装や材料の規定を作成して、拡大生産者責任を改革し、プラスチックへ適用を拡大した^[5]。さらに、マイクロビーズの使用禁止や、プラスチック製レジ袋の有料化を小規模校売り店へ拡大し、容器包装へのリサイクルラベルの貼付け促進などの方針を示した、また、プラスチック、ガラス、金属性の飲料容器のデポジット制度を導入する計画も明らかにしている。

4.3 CE の国際標準化の動向

前述したように、国際標準（ISO）において CE の新規 TC（Technical Committee）の設置について、フランス規格協会（AFNOR）からの提案が、2018 年 6 月 26 日付けでなされた。その後、各国による投票の結果、賛成多数で可決され、CE に関する専門委員会（ISO/TC323）の設置が決定された。

規定される新規格には、主に以下のものが挙げられている：

- ・ CE に関する枠組み、用語の定義、マネジメント規格
- ・ 実施と業種別適用のためのガイダンス
- ・ 循環性の測定
- ・ CE に関する具体的な課題

新規 ISO/TC323 の設置案の概要に関するポイントを以下に示す^{[8][9]}：

① CE に関わるマネジメントシステムの規格化

- ・ 組織内の CE の取り組みの進捗を検証するための要求事項を設定
- ・ 組織が環境、経済・社会に関わるパフォーマンスを改善するために実施する管理システムの要求事項を規定
- ・ あらゆる規模、種類、性格の組織に適用
- ・ 組織の事業、製品、サービスに適用され、ライフサイクルの観点を考慮して管理または影響を及ぼすツール
- ・ CE 管理を体系的に改善するために、全体・部分に適用可能
- ・ 適用宣言は、要求事項のすべての組織が CE マネジメントシステムに組み込まれ、すべてを満たされた場合のみ可能

②実施ガイドラインに関する規格

- ・CEマネジメントシステムを構築し実施する組織に対して、実践的なガイダンスを提供

③支援ツールの規格

- ・支援ツールは、用語、成果指標、成熟度マトリックス、評価などの情報とガイダンスを提供、CEに関わる取り組みの進捗状況の測定等に利用可能なツールとする

④CE関連プロジェクトに関わる指針

- ・CE取り組み方針に関する指導とアドバイスを提供

⑤CE取り組み事実の実施例の収集

- ・具体的な取り組み事例の収集

5. 国内のCE動向

5.1 経済産業省／環境省「サーキュラー・エコノミーに係るサステナブル・ファイナンス促進のための開示・対話ガイダンス」

2020年に経済産業省は環境省と合同で、CEおよびプラスチック資源循環に資する取組を進める日本企業が、国内外の投資家や金融機関から適正に評価を受け、投融資を呼び込むことができるように、「サーキュラー・エコノミーに係るサステナブル・ファイナンス促進のための開示・対話ガイダンス」を取りまとめた^[10]。

CEに係る開示・対話のポイントとして、以下に示す「着眼すべき6つの項目」を提示している。CEへの移行には、幅広い素材・製品・サービスに関わる多様な取組が貢献し得るという特徴を踏まえ、企業は「移行（transition）」に向けた多様なアプローチを、「価値観」「ビジネスモデル」に根差した一貫した価値創造ストーリーとして発信し、投資家等の中長期的視点から適切に評価することが重要としている。

①価値観

- ・企業理念やビジョン等への統合的位置付け（経営者メッセージでの明確な言及）
- ・CEをマテリアリティとして特定した理由
- ・CEを企業価値向上につなげる基本的方向性
- ・ビジネスモデルや戦略と一貫した価値創造ストーリー

②ビジネスモデル

- ・CEに係るビジネスモデルが前提とする市場環境とその中長期的動向（バリューチェーンと競争環境、自社の立ち位置、差別化要素等）を適切に分析
- ・どのように持続的な企業価値向上に結びつくか、顧客に届ける価値と関連付けて説明

③リスクと機会

- ・自社のビジネスモデルを持続的に成長させる上でマテリアリティとなるリスクと機会の特

定

- ・価値を創造していく上で、自社の取組を、いかに目標となる収益性を保ちながら中長期的に投資回収していくのか

④戦略

- ・CEに係るビジネスモデルの競争優位を支える経営資源・無形資産等の確保・強化、それらを失うリスク等へ対応する方策
- ・中長期の価値創造ストーリーにおける位置付け

⑤指標と目標

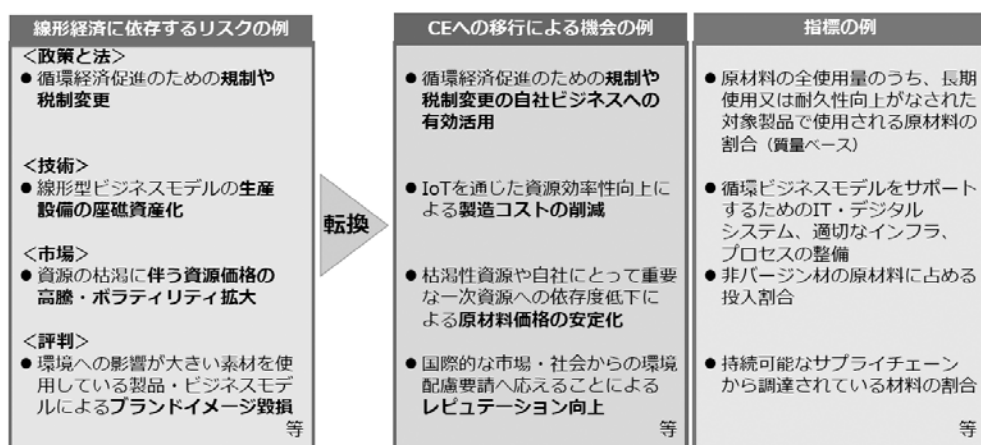
- ・企業価値向上に向けた戦略実行に関する道標としての目標、その達成度を測る尺度として重要指標（KPI）を予め設定
- ・CEに関して特定したリスク・機会と対応した形で説明
- ・成果（アウトカム）と併せた自己評価を示す

⑥ガバナンス

- ・経営層や取締役会が積極的に関与するプロセスが組み込まれているか
- ・戦略の達成状況に係る KPI とアウトカムの評価を戦略見直しに活用する PDCA の確立

さらに、サーキュラー・エコノミーに係る開示・対話のポイントとして、以下に示す事項を提示している（図 5.1 参照）。

- ・「機会重視」で、CEに係る取組を中長期的な新市場創出・獲得や競争力につなげ、企業価値の向上を目指す。



備考：リスクと機会とは、価値創造ストーリーに応じた、自社の事業活動に影響を及ぼすと考えられるものを列挙

図 5.1 サーキュラー・エコノミーに係る開示・対話のポイント：リスクと機会^[10]

- ・企業は、自社の「ビジネスモデル」を持続的に成長させる上での「リスクと機会」を整理するとともに、いかにリスクを機会に転換するか、いかに目標となる収益性を保ちながら中長期的に投資回収していくのか等を「戦略」と関連付けて説明し、投資家・金融機関は、中長期的な視点から評価することが重要。

5.2 日本貿易振興機構「EUのサーキュラー・エコノミーに関する調査報告書」

本報告書では、欧州連合（EU）における国家・産業界レベルでのサーキュラー・エコノミー（循環型経済）の展開について、3か国（オランダ、フランス、ドイツ）および3部門（自動車、電子機器、機械）に絞って戦略的知見を提供している^[6]。

（1）海外の産業界のCE先駆者たちは循環型戦略を推進

CE先駆者となる企業は規模の大小を問わず、CEがもたらす機会をすでに把握している。これらの企業は政策の立案に影響を及ぼし、競争上優位な自らの立場を維持すべくビジネスモデルを適合させつつある。多くの具体例が自動車、電子機器、機械部門に見られる。本報告書に掲載した事例研究には以下が含まれている。

- ・ルノーは、エンジンの再生やプラスチックの再利用、バッテリーのリースなどのような循環型戦略に全力を挙げており、すでに明確な経済的利点を経験している。
- ・DSMは、その操業を循環型に変更する意欲的な目標に着手しており、そのような方向転換が多くの産業部門においても可能であることを実証している。
- ・ロイヤルフィリップスは、循環型戦略の世界的な先駆者として知られており、多くの大規模な再生工場を操業し、注目を集めているサービス契約や提携契約に携わっている。
- ・ミーレは、長寿命かつ高品質な消費財で知られ、新たな循環型のビジネスモデルや革新的な「サービスとしての製品」の確立を試行している。
- ・アクトロニクスは、自動車産業用の電子部品を再生しており、同様のビジネスモデルの潜在的な価値および成長の可能性を実証している。

（2）マクロ経済的傾向および政策の傾向が、産業界に明らかな影響

CEの採用を成功に導くには、経済全体におけるトップダウン型のマネジメントとボトムアップ型のイノベーションの両方が重要である。産業界は既存概念を打ち破るような新技術によって、世界経済フォーラムが「第四次産業革命」と呼んだ急速な変革を経験しつつある。

- ・自動車部門では、消費者ニーズの変化によって新たな移動モデルが必要とされる一方で、ますます厳格化する規制が急速な協力によるイノベーションを推し進めている。
- ・電子機器部門では、接続性が消費活動に革命を起こし、それによってCEにおける重大な

使用後の課題やビジネスチャンスを生んでいる。

- ・機械部門では、部品がますます複雑かつ専門的になるにつれ、メンテナンスや修理、再生などの分野がますます魅力的なものとなっている。

その巨大な社会の期待を受けて、バリューチェーン全体に沿って政策の枠組みが拡大・強化されつつある。産業界に重大な影響を与えるおもな展開には、以下のようなものがある。

- ①政策の一般的な傾向：イノベーションや成功事例、目標設定などを促す。
- ②原料における傾向：特にプラスチックやクリティカルな原料に関連するもの。
- ③エコデザイン：バリューチェーン全体に沿って強化され、重大な影響を持つ。
- ④生産における傾向：エネルギー効率を後押しし、成功事例を促す。
- ⑤製造者責任の拡大：「汚染者負担の原則」を規定する。
- ⑥環境にやさしい公共調達：強力な経済的プル要因を創出する。
- ⑦エコラベリング：消費者が明確かつ透明性の高い情報にアクセスできるよう確保する。
- ⑧消費者情報：透明性を推進する。
- ⑨廃棄物規制：拡大しつつあり、より厳格かつ具体的になりつつある。

(3) サーキュラー・エコノミーへの移行は必然的

産業界のみならず、政府主導により、CE への移行傾向は強まると予測されている。EU および国家レベルでの政策の策定によって、バリューチェーン全体に沿って規制の枠組みが拡大・強化されつつあることは明らかである。

産業界の CE 先駆者たちは、単に「変化を先取りしている」だけでなく、規制当局に対して CE の可能性について示すことにより、規制の策定についても貢献している。「自動車部門」では、消費者ニーズの変化によって新たな移動モデルが必要とされる一方、規制の強化にはバリューチェーン全体に沿った共同によるイノベーションが必要となる。「電子機器部門」では、循環型のデザインにより可能となる使用後の改良に関する戦略から、循環型のビジネスチャンスが生じると期待されている。「機械部門」では、サービスとしての製品およびメンテナンス、修理、再生戦略が CE における重要な役割を果たすとみられる。

もはや「従来型のビジネス」は選択肢ではなく、産業界は積極的に CE に取り組まなければならないことは明らかである。各企業が迅速に移行すればするほど、市場や規制上の障壁は高くなるが、市場の潜在的可能性もまた高くなるだろう。企業が CE の採用に後れを取れば、循環型のビジネスチャンスは他社に奪われ、徐々に姿を消すか、規制に適合せざるを得なくなるだろう。

(4) 結論

- ・ CE への移行の傾向は産業界および政府によって主導され、強化されるとみられる。
- ・ EU および国家レベルでの策定によって、規制の枠組みがバリューチェーン全体に沿って拡大・強化されつつあることが明らかである：これまで廃棄物に対して焦点を当てていた従来の規制に代わり、現在の規制は消費、生産、設計を含むバリューチェーン全体に拡大している。この文脈においては、業務オペレーションの緊密な統合と効果的なバリューチェーンでの協働が特に重要になる。
- ・ オランダは循環型のビジネスモデルにおいて十分な実例となっているが、フランスおよびドイツも CE における巨大な市場の可能性を提供している：オランダがそのビジョンにおいて最も意欲的である。しかし、市場規模を考えれば、より大きな機会がフランスとドイツにはある。さらにドイツと日本の関係を例にとれば、いずれの国も廃棄物管理に特化しており、資源制約型の国であり、ドイツの廃棄物管理に対する同国の技術的な指導力や、資源効率性に対する取り組みなどは将来的に有望である。
- ・ 産業界の CE 先駆者たちは単に「変化を先取りしている」だけでなく、CE の可能性を実証することによって、規制の策定にも貢献している。
- ・ 「自動車部門」では、消費者ニーズの変化によって新たなモビリティサービスを必要とする一方で、規制が強化されたためにバリューチェーンに沿って、共同のイノベーションを必要とするようになるだろう。例えば、サービスとしての製品モデルを取り入れ、バリューチェーンにおいて共同で再生工場を設立している主要な OEM や、新たな市場機会を掘り起こそうとする新興企業が含まれる。
- ・ 「電子機器部門」では、循環型の設計により可能となった使用後のソリューションの改善によって、循環型の機会が増えるとみられている：使用済み製品の回収が大きな物流の変化を表すとみられる。
- ・ 「機械部門」では、CE においてメンテナンス・修理・再生戦略が大きな役割を果たしている：サービスとしての製品戦略と、メンテナンス・修理・再生戦略を組み合わせることで、巨大な機会を提供するだろう。
- ・ 結論としては、「従来型のビジネス」がもはや選択肢ではなく、産業界は積極的に CE に携わらなければならないことは明らかである：各企業は初期の採用者となって、積極的に規制や市場の障壁に直面することを受け入れ、大きな利益を得ることを実証するか、あるいは後期の採用者となって、後れを取るリスクと向き合い、ほとんどの機会を他社に捕まれてしまうのか、どちらかを選ぶことができる。

6. CE 志向の「製品ライフサイクル設計」

6.1 CE 志向の新しいものづくりのあり方

CE 代表されるサステナビリティ革命と、デジタル革命の大きな変革の中で、ものづくりのあり方が大きく変わろうとしている。CE の特徴を以下のようにまとめておく^[11]：

- ・エコ・イノベーション：斬新的で大きな変化
- ・資源効率：リユース、メンテナンス、アップグレード、材料リサイクルなどを含む資源循環を高度化し、資源の効率的な利用を飛躍的に向上させる
- ・持続可能な材料利用：ゴミではなく資源、大量生産ではなくカスタム化、枯渇ではなく再生
- ・製品サービスシステム：消費者ではなく使用者、所有ではなくシェア
- ・循環経済：経済システムが循環を前提としたものに変革する

特に重要なことは、これらが環境負荷削減や資源枯渇対応に結びつくのは当然として、雇用の確保と EU の競争力の強化に結びつく成長戦略にあると明言していることである。2000 年にできた日本の循環型社会とは基礎となる考え方では大きな違いはないが、以下の点で画期的な違いがある。

- ・経済成長政策であり、経済の仕組みの変革まで言及している点
- ・製品サービスシステムなど、ものの所有や使い方の変革を織り込んでいる点
- ・廃棄物処理としての 3R ではなく、資源確保、資源効率向上戦略としての多様な循環の実現をうたっている点

6.2 欧州委員会による「EcoDesign Working Plan」

CE の実現手段として、製造業に対して最も影響が大きいのは、「エコデザイン指令」だと思われる。欧州委員会は、「EcoDesign Working Plan 2016-2019^[12]」を 2016 年に発表し、この計画に沿って着実にエコデザイン指令を改正しつつある。この Working Plan では、エコデザイン指令はこれまでエネルギー効率を中心だったが、今後は CE への貢献を高めていくこととしている。特に、以下の点が注目すべき点である。

- ・耐久性：例、製品や重要部品の最短寿命回避
- ・補修正：例、予備部品、修理マニュアルの入手可能性、易修理性設計
- ・アップグレード性
- ・分解のためのデザイン：例、特定の部品の容易な除去
- ・情報提供：例、プラスチック部品のマーキング
- ・リユース・リサイクルの容易化：例、相溶的でないプラスチック回避

6.3 ものづくりの今後の姿

CE とデジタル化が今後のモノづくりに影響すると、今後のものづくりはどのように変化していくのか考察する^[11]。

まず、製品サービスシステム、シェアリングなどの「ビジネスモデルの転換」を自由にデザインし、実装する技術が重要になる。CE 社会においては、誰がものをつくるだけでなく、誰がそれを循環させるかも重要になる。すなわち、もの、情報、お金が循環する仕組みをつくるのが大切であり、このことを実現する「循環プロバイダ」という新しい役割が重要になる。

この「循環プロバイダ」の活躍によって、ほとんどの製品や部品の状態をリアルタイムで把握できるようになる。今後は、この情報をフルに活用した CE 化、すなわち長寿命化の保全・修理、リマニュファクチャリング、リファーマビリティ、リユース、高付加価値なリサイクルなどを高いレベルで実現できるようになる。CE 化の技術が充実すれば、製品や部品の品質、信頼性、余寿命の見える化などをマネジメントすることが可能になるので、最終的には、バージン品、再使用品、リサイクル品の違いはなくなる。

そして、情報化を伴うサービス化が進展する。人工物を最大限に有効利用して使用価値、体験価値を最大化するために、情報化を伴うサービス化が進む。これには、種々のシェアリングサービス、サブスクリプションサービス、さらには製品サービスシステムや、製品の使用段階のサポートやマネジメントを含む。

これらの動きの中では、製品設計も変化する。CE 化が要請するような、長寿命化、保全・修理、マニュファクチャリング、リファーマビリティ、リユース、高付加価値なリサイクルを可能にするためにはライフサイクル設計が重要になる。

6.4 ライフサイクル設計

図 6.1 に、ライフサイクル設計の流れを示した^[13]：ライフサイクル・プランニング、製品設計、ライフサイクルフロー設計、および実世界での実装。現状のエコデザインとして行われているのは、製品設計と、ライフサイクルフローの一部の評価。

(1) ライフサイクル・プランニング

ライフサイクル・プランニングは、製品ライフサイクルの全体計画を立てる重要な段階であり、次の 3 つの要素を統合的に決定しなければならない。

- ①顧客に提案する価値である「製品コンセプト」
- ②売り切り、シェアリング、レンタル・リース、サブスクリプションなどビジネスの実施方法を定める「ビジネスオプション」

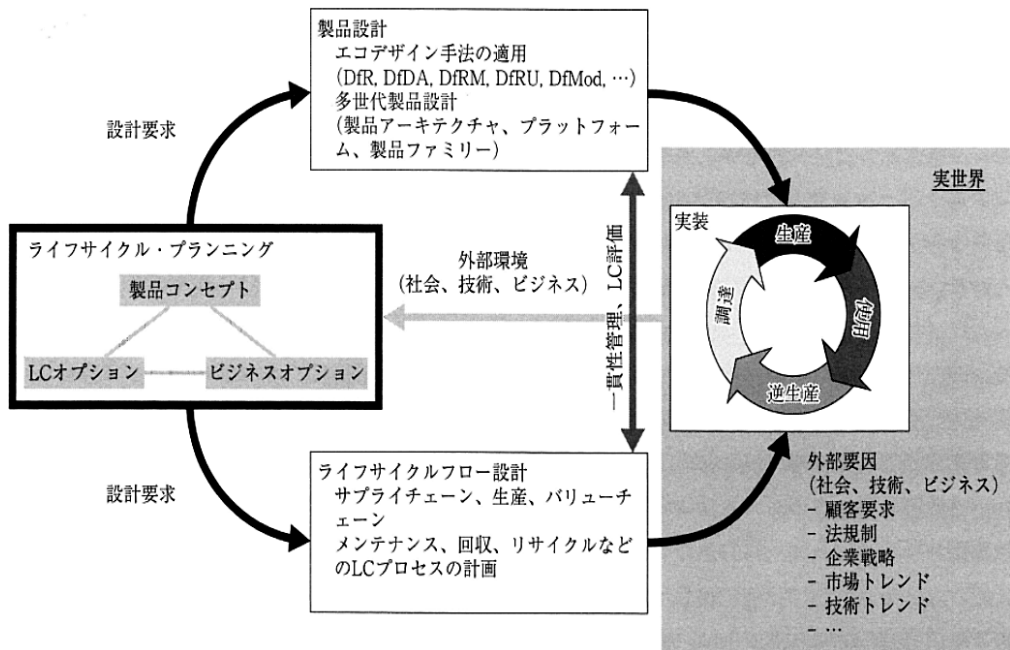


図 6.1 ライフサイクル設計の流れ^[13]

③長期寿命、保全・修理、リマニュファクチャリング、リサイクルなど製品や部品の循環方法を定める「ライフサイクル（LC）オプション」

なお、ライフサイクル・プランニングにおいて、重要な2つの技術がある。第1に、製品コンセプト、ビジネスオプション、ライフサイクルオプションの組み合わせ（ライフサイクルプラン）は多様なものが考えられる。

第2は、ライフサイクルプランを考えるとときに有効なのは「製品サービスシステム」といえる。製品サービスシステムは、製品（ハードウェア）と、サービスを組み合わせ提供することである。製品所有から製品サービスシステムへ移行することにより、製品の使用段階でのマネジメントが可能になり、CEの実現可能性が高まる。このように製品、サービスシステム、マネジメントを総合的に支援する方法論の研究が重要になるが、ライフサイクル工学やサービス工学と呼ばれる分野で進められつつある。

(2) 製品設計

製品においては、種々のエコデザインの手法が適用される。さらには、製品アーキテクチャ設計、製品のプラットフォーム設計、製品ファミリー設計など、多世代製品を見渡した製品

設計が重要となる。

(3) ライフサイクルフロー設計

ライフサイクルフロー設計においては、サプライチェーン、生産、バリューチェーンの流れを設計することと、メンテナンス、回収、リサイクルなどのライフサイクルの各段階のプロセスを計画、設計していく。製品設計、ライフサイクルフロー設計は協調して実施し、両者の一貫性を常に管理する必要がある。両者の設計が終了した後、設計したライフサイクルを実世界で実現して、ライフサイクルの1サイクルが終了する。

7. おわりに

以上述べてきたように、EU では CE 政策としての指令や規則の制定が具体的に進められている。EU において CE 政策を新たなビジネスチャンスととらえて経営戦略に取り込み、各主要事業へも具体的に浸透させ始めている。今後、CE の国際標準化が進むと、日本としても新たなルールへの対応が必要になる。

CE のインパクトをまとめると、次のようなビジネス変革をもたらす可能性がある。

- ・再生材の利用が進み、新材との区別が弱まる
- ・製品を生み出すよりも、価値を提供することに重きがおかれる
- ・ものづくりのみならずプラットフォームやソリューションビジネスへの対応が必要になる
- ・製品・部品の長寿命化の優先順序が高くなる
- ・製品設計でのライフサイクル設計思考が強まる
- ・ものづくりのあり方の変革を促し、雇用やサプライチェーンにも影響を与える
- ・製造業者は販売後にも製品・部品へのコミットメントが必要になる
- ・ステークホルダーとのコミットメントが強化され、CE 型ビジネスモデルに向けた意識変革が重要になる

従来、日本製造業・サービス業は、リサイクリングエコノミー型の廃棄物処理として、後追的な 3R が主流であった。

一方、日本における CE の取組み姿勢に関する問題点として、日本の製造・サービス業界では、CE 政策を取り込んだ経営戦略やビジネスモデルに取り組んでいる企業はまだ希少といえる。日本の関係省庁においても、CE に関連した取り組みは調査段階だといえる。さらに、CE に関する学会活動については、国際学会発表・論文掲載と比較して、日本の学会発表・論文掲載は、質・量ともに劣っており、CE の国際動向の解説や概念理解にとどまっている

状況にある。

そこで我々の研究チームでは、科学研究費「SDGs 生産消費責任を果たす循環型経済の新理論とシステム技法の開発・実証」（2022-2025 年度、研究代表者 玉木欽也）に採択され、以下の研究課題に取り組むことにした（図 7.1 参照）。

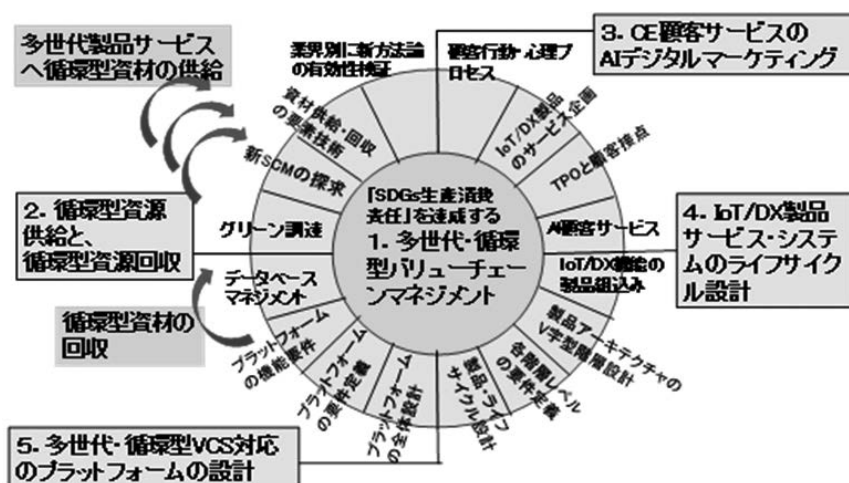


図 7.1 多世代・循環型 VCM を取り巻く 4 つの研究課題の方法論とシステム技法^[14]

まず、本論文の継続研究として CE 政策、CE 国際標準規格、国内外の CE 産業の動向を、国内外の研究者と連携して調査研究を実施・継続する。その上で、「CE 指向の多世代・循環型バリューチェーンマネジメント（VCM）」の「方法論」を新たに提案する。さらに、この【VCM を取り巻く CE サブシステムの 4 つの研究課題】を設けて、それぞれの「方法論」と、先端科学技術を活用した「システム技法」の研究開発とその実証研究に取り組むことにする。

- ・循環型資源供給と、循環型資源回収の方法
- ・CE 顧客サービスの AI デジタルマーケティング方法
- ・IoT/DX 対応による製品サービス・システムのライフサイクル設計方法
- ・多世代・循環型 VCM 対応のシェアリング・プラットフォームの設計方法

謝辞

本研究は、科学研究費 基盤研究（B）（一般）「SDGs 生産消費責任を果たす循環型経済の新理論とシステム技法の開発・実証と普及（課題番号 22H01717）」（2022-2025 年度、研究代表者 玉木欽也）、青山学院大学「SDGs 人材開発パートナーシップ研究所」における研究活動、ならびに青山学

院大学経営学部「グローバル・ビジネス研究所」における研究プロジェクトの一環として行われている。

参考文献

1. Government of Netherlands, "A Circular Economy in the Netherlands, by 2050".
2. 中石和良『サーキュラー・エコミー』ポプラ新書、2020年。
3. Cradle to Cradle Products Innovation Institute: "CRADLE TO CRADLE CERTIFIED® VERSION 4.0, Product Standard", 2021.
4. EUROPEAN COMMISSION: "Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe", Brussels (2020)
5. 赤穂啓子「第1章 サーキュラーエコノミーとは何か」、梅田靖・21世紀政策研究所編著：『サーキュラーエコノミー』勁草書房、2021年。
6. 日本貿易振興機構「EUのサーキュラー・エコノミーに関する調査報告書」、2016年。
7. 安居昭博『サーキュラーエコノミー実践：オランダに探るビジネスモデル』学芸出版、2021年。
8. 梅田靖、喜多川和典「第2章 サーキュラーエコノミーは、いまどうなっているのか」、梅田靖・21世紀政策研究所編著：『サーキュラーエコノミー』勁草書房、2021年。
9. ISO/TC323: <https://www.iso.org/committee/7203984html>.
10. 経済産業省・環境省：「サーキュラー・エコノミーに係るサステナブル・ファイナンス促進のための開示・対話ガイダンス」、(2021)
11. 梅田靖「第4章 「ものづくり」視点からの「サーキュラーエコノミー」、梅田靖・21世紀政策研究所編著：『サーキュラーエコノミー』勁草書房、2021年。
12. European Commission, "EcoDesign Working Plan 2016-2019", 2016
13. Y. Umeda, S. Takata, and F. Kimura, et al., "Toward Integrated Product and Process Life Cycle Planning - an Environmental Perspective-", *CIPR Annuals - Manufacturing Technology*, Vol. 61, N0.2, pp.681-702, 2012.
14. 玉木欽也「循環型経済（CE）とDXを融合した新たな経営戦略：CE国内外調査とCE実践の方法論とシステム技法の提案」、日本経営工学会 経営ステム誌、Vol.32 No.1, pp.44-49, 2022